

中华人民共和国国家标准

GB 11291.1—2011/ISO 10218-1:2006
代替 GB 11291—1997

工业环境用机器人 安全要求 第 1 部分：机器人

Robots for industrial environments—Safety requirements—
Part 1: Robot

(ISO 10218-1:2006, ISO 10218-1/Cor. 1:2007, IDT)

2011-05-12 发布

2011-10-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 危险识别及风险评估 5

5 设计要求及保护措施 6

6 使用资料..... 15

附录 A（规范性附录） 主要危险列表 17

附录 B（规范性附录） 停止时间/距离度量标准 19

附录 C（资料性附录） 3 位置使能装置功能特性 20

附录 D（资料性附录） 可选特性 21

附录 E（资料性附录） 操作方式标记的方法 22

参考文献 23

前 言

本部分的全部技术内容为强制性。

GB 11291《工业环境用机器人 安全要求》分为以下部分：

- 第1部分：机器人；
- 第2部分：机器人系统与集成。

本部分为 GB 11291 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB 11291—1997《工业机器人 安全规范》。

本部分与 GB 11291—1997 相比主要变化如下：

- 本部分更新了一些文件，使其更好地符合 GB/T 15706—2007 要求以及符合采用 C 类标准检测和相应危害的要求。
- 本部分增加了(但不仅限于)新的技术要求，包括与安全相关的控制系统性能、机器人停机功能、使能装置、程序验证、无线示教盒准则、联动控制、协同机器人准则，以及最新的设计安全规范。

本部分等同采用国际标准 ISO 10218-1:2006《工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人》(英文版)和 ISO 10218-1/Cor. 1:2007(英文修订版)。

为了便于使用，本部分作如下编辑性改动：

- 大写的英文缩写保留英文原名，去掉 ISO 前言；
- 将 ISO 10218 改为“GB 11291”和“《工业环境用机器人 安全要求》”；将“本国际标准”和 ISO 10218-1 改为“本部分”和“GB 11291.1”；
- 将规范性引用文件中已转化为国家标准的国际标准编号改为国家标准编号，并将相应的国家标准采用的国际标准版本号放在国家标准编号后的括弧内，便于使用和查阅；未转化的国际标准保留；
- 删去了原文中不符合我国标准编写的字句。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 12642—2001 工业机器人 性能规范及其试验方法(eqv ISO 9283:1998)；
- GB 16754—2008 机械安全 急停 设计原则(ISO 13850:2006, IDT)；
- GB/T 19876—2005 机械安全 与人体部位接近速度 相关防护设施的定位(ISO 13855:2002, MOD)。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本部分起草单位：北京机械工业自动化所、北京航空航天大学。

本部分主要起草人：杨书评、负超、王思斯。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 11291—1997。

引 言

GB 11291 是建立在承认工业机器人及工业机器人系统能导致特定危险基础上。

GB 11291 是 GB/T 15706.1—2007 所述的 C 类标准。

机器的注意事项、危险的程度、危害情况及所涉及的事件都在 GB 11291 的范畴中得到描述。

C 类标准与 A 类标准或 B 类标准是不同的。对于按照 C 类标准设计和制造的机器, C 类标准条款优先于其他标准条款。

机器人的相关危险得到广泛承认。但是, 不同用途机器人系统的危险源往往是不同的, 故危险类型的数目直接关系到机器人的自动化过程和安装的复杂性。根据使用的机器人类型、使用机器人的目的、机器人安装、编程、操作和维护的方式的不同, 这些危险导致的相关风险也有所不同。

注 1: 并非所有在 GB 11291 中描述的危险都适用于每一台机器人。同样, 某一特定危险情况的风险水平在不同机器人间也可能有所不同。因此, 在 GB 11291 中规定的安全要求和/或保护性措施对不同机器人可能会有所不同, 此时可进行一项风险评估以确定采用何种保护措施。

由于承认不同用途的工业机器人具有不同的危险特性, GB 11291 分为两部分; 第 1 部分提供了在设计和制造机器人时的安全保证指导建议。由于工业机器人的应用安全性受到特定的机器人系统集成在设计中的应用中的影响, 第 2 部分将提供从事机器人集成、安装、功能测试、编程、操作、保养和维修的人员安全防护准则。

注 2: 由于在工业环境中, 噪音被普遍认为是一种危害, 符合 3.18 规定的机器人不能被认为最终的成品。而符合 3.20 规定的机器人系统才是考虑了噪音危害的机器。因此, 在 GB 11291 的第 2 部分中规定了噪音危害的处理措施。

工业环境用机器人 安全要求

第 1 部分:机器人

1 范围

GB 11291 的本部分规定了工业机器人(在第 3 章中定义)的基本安全设计、防护措施以及使用信息的要求和准则。描述了工业机器人相关的基本危害情况,并提出了消除或充分地减小这些危险的要求。噪声作为一种潜在的危害没有在本部分涉及,但包含在 GB 11291 的第 2 部分中。

GB 11291 的本部分适用于工业机器人。虽然《工业环境用机器人 安全要求》建立的安全原则可能被其他类型的机器人所用,但是本部分不适用于非工业机器人。非工业机器人的实例包括(但不局限于):水下、军用和空间机器人、遥控机械手、假肢和其他肢体残障人士的辅助装置、微型机器人(位移范围 $<1\text{ mm}$)、外科手术或康复机器人以及服务和消费机器人。

注 1:对工业机器人系统、集成和安装的要求包含在第 2 部分。

注 2:特殊的应用(焊接、激光切割、机械加工等)可能产生另外的危险,这些危险在机器人的设计中可能需要考虑。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 5226.1—2008 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2005, IDT)

GB/T 15706.1—2007 机械安全 基本概念与设计通则 第 1 部分:基本术语和方法(ISO 12100-1:2003, IDT)

GB/T 15706.2—2007 机械安全 基本概念与设计通则 第 2 部分:技术原则(ISO 12100-2:2003, IDT)

GB/T 16855.1—2008 机械安全 控制系统有关安全部件 第 1 部分:设计通则(ISO 13849-1:2006, IDT)

GB/T 17799.2—2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验(IEC 61000-6-2:1999, IDT)

GB 17799.4—2001 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射标准(IEC 61000-6-4:1997, IDT)

ISO 9283:1998 工业机器人 性能规范及其试验方法(Manipulating industrial robots—Performance criteria and related test methods)

ISO 14121:1999 机械安全 风险评估原则(Safety of machinery—Principles of risk assessment)

ISO 13850 机械安全 急停 设计原则(Safety of machinery—Emergency stop—Principles for design)

ISO 13855 机械安全 与人体部位接近速度相关防护设施的定位(Safety of machinery—Positioning of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

致动控制 actuating control

a) 控制装置中的机构。

示例:打开接触器的连杆。

b) 启动一个锁定(或解锁)程序的装置。

示例:专用键。

3.2

自动方式 automatic mode

机器人控制系统按照任务程序运行的一种操作方式。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.3.8.1]

3.3

自动操作 automatic operation

机器人按预定的程序执行其任务程序的状态。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.5]

3.4

协同操作 collaborative operation

专门设计的机器人在规定的工作空间内直接与人一同工作的状态。

3.5

协同工作空间 collaborative workspace

在机器人工作单元的安全防护空间内的工作空间中,机器人与人在生产活动中可同时完成任务。

3.6

协调运动 coordinated motion

控制机器人各轴同时到达各自终点的平滑运动,或控制各轴的运动使工具中心点(TCP)按指定的(直线、圆或其他)路径运动。

3.7

循环 cycle

执行一次任务程序。

[见 GB/T 12643—1997,定义 7.22]

3.8

驱动源 drive power

能源或机器人驱动器的动力源。

3.9

末端执行器 end effector

为使机器人完成其任务而专门设计并安装在机械接口处的装置。

示例:夹持器、扳手、焊枪、喷枪等。

[见 GB/T 12643—1997,定义 4.11]

3.10

能源 energy source

任何电、机械、液压、气动、化学、热、势能、动能或者其他形式的动力源。

3.11

危险运动 hazardous motion

任何可能导致人员伤害的运动。

3. 12

限位装置 limiting device

通过停止或导致停止机器人的所有运动来限制(机器人)最大工作空间的装置,并且该装置与控制程序及任务程序无关。

3. 13

本地控制 local control

在系统中,仅用机器自身的控制面板或示教盒对系统或部分系统进行操作的状态。

3. 14

手动方式 manual mode

能使位置数据点生成、储存及再现的控制方式。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.3.8.2]

3. 15

示教盒 pendant, teach pendant

能用它对机器人进行编程或使机器人运动,并与控制系统相连的手持式单元。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.8]

3. 16

程序 programme

3. 16. 1

控制程序 control programme

定义机器人系统的能力、动作及响应的固有的控制指令集。

注: 此类程序是固定的,并且用户一般不能修改。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.1.2]

3. 16. 2

任务程序 task programme

为定义机器人系统特定的任务所编制的运动和辅助功能的指令集。

注 1: 这种程序通常是由用户编制。

注 2: 用途是指一般的工作范围,任务是指用途内的特定的部分。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.1.1]

3. 16. 3

任务程序编制 task programming

编制任务程序(见 3.16.2)的行为。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.2.1]

3. 16. 4

程序员 programmer

编写任务程序的指定人员。

[见 GB/T 12643—1997,定义 3.17]

3. 16. 5

程序路径 programme path

执行任务程序时,TCP(工具中心点)跟踪的路径。

3. 16. 6

程序验证 programme verification

为确认机器人路径和工艺性能而执行一个任务程序。

注: 验证可能包括全部程序路径或部分路径。可以执行单个指令或连续指令序列。在新的应用和精细调整/编辑程序时要进行验证。

3.17

保护性停止 protective stop

为了安全而允许运动有序终止并保持程序逻辑以便重新启动的一种操作中斷形式。

3.18

机器人,工业机器人 robot, industrial robot

某操作机是自动控制的、可重复编程、多用途,并可对三个和三个以上轴进行编程。它可以是固定式或移动式,在工业自动化中使用。

注1: 机器人包括:

- 操作机(含驱动器);
- 控制器,包括示教盒及任何通信接口(硬件和软件)。

注2: 它包括由机器人控制器控制的任何附加轴。

注3: 在本部分中,以下设备可认为是工业机器人:

- a) 手动引导式机器人;
- b) 移动式机器人的操作机;
- c) 协作机器人。

[见 GB/T 12643—1997, 定义 3.6]

3.19

机器人致动器 robot actuator

转化电、液或气能以引致运动的动力机构。

3.20

机器人系统,工业机器人系统 robot system, industrial robot system

系统包括:

- 机器人;
- 末端执行器;
- 为使机器人完成任务所需的全部设备装置或传感器。

注: 机器人系统的要求见 ISO 10218-2。

[见 GB/T 12643—1997, 定义 3.14]

3.21

联动 simultaneous motion

在单个控制站的控制下,两台或多台机器人同时运动。它们可以用共有的数学关系实现协调或同步。

示例1: 示教盒可作为单个控制站的实例。

示例2: 可以进行主/从式协调。

3.22

单点控制 single point of control

使机器人运动只能由一个控制源启动且不能被另一启动源撤消的操作机器人的能力。

3.23

奇异性 singularity

机器人的两个或多个轴共线导致机器人运动及速度不确定的状况。

3.24

降速控制 reduced speed control, slow speed control

把机器人的速度限制在 ≤ 250 mm/s 使得人员来得及从危险运动中脱身或停止机器人的运动控制方式。

3.25

空间 space

机器人所有部件通过其轴线运动掠过的三维空间。

3.25.1

最大空间 maximum space

由制造厂所定义的机器人活动部件所能掠过的空间,加上由末端执行器和工件运动时所能掠过的空间。

[见 GB/T 12643—1997,定义 5.8.1]

3.25.2

限定空间 restricted space

由限位装置限制的最大空间中的一部分。当机器人系统出现任何可预见的故障时,将不会超出预定的界限。

[见 GB/T 12643—1997,定义 5.8.2]

3.25.3

操作空间 operating space, operational space

当实施所有由任务程序指令的运动时,实际用到的那部分限定空间。

[见 GB/T 12643—1997,定义 5.8.3]

3.25.4

安全空间 safeguarded space

由周边安全防护装置确定的空间。

3.26

示教(编程) teach(programming)

通过下列方式实现编程:

- a) 手工引导机器人末端执行器;
- b) 手工引导一个机器模拟装置;
- c) 用示教盒按要求的动作移动机器人。

[见 GB/T 12643—1997,定义 6.2.3]

3.27

示教员 teacher

为机器人编制完成任务所需的特定指令集的人员。

注:见程序员(3.16.4)。

3.28

工具中心点 tool centre point(TCP)

参照机械接口坐标系为一定用途而设定的点。

[见 GB/T 12643—1997,定义 5.9]

3.29

用户 user

使用机器人并对机器人操作人员负责的实体。

4 危险识别及风险评估

附录 A 列出了机器人可能出现的危险。应该进行危险分析,以便确定可能出现的任何其他危险。对在危险识别中确定的危险,应该进行风险评估。这种风险评估应该对下列情况给予特别关注:

- a) 机器人的例行操作,包括示教、维护、设置和清洁;
- b) 意外启动;
- c) 人员进入的所有通道;
- d) 可合理预见的机器人误用;
- e) 控制系统故障的影响;
- f) 与特定机器人应用有关的危险。

首先应通过设计或替代,然后再用安全防护和其他补救措施,消除或减少风险。任何遗留的风险应采用其他措施(如:警告、标记、培训)来减小。

第5章中的要求是通过附录A中识别的危险,使用安全措施(与GB/T 15706.1—2007和GB/T 15706.2—2007中图1和图2一致)经反复处理而得到的。

注:GB/T 15706—2007和ISO 14121:1999对进行危险识别及减少风险提出了要求和指导。

5 设计要求及保护措施

5.1 通则

应根据GB/T 15706.1—2007中有关危险的原则来设计机器人。GB 11291的本部分没有涉及明显的危险(如锋利的边缘)。

机器人和机器人系统的设计和制造应达到下面的要求。

注1:下列(但不局限于)检验方法可以满足本章的要求:

- A:视觉检查;
- B:实际试验;
- C:测量;
- D:在操作中观察;
- E:分析电路图。

注2:本章中推荐的各种要求的检验方法在每节后用[A,B,C,...]的形式注明,相应于上面列出的方法。

5.2 通用要求

5.2.1 动力传递部件

应使用固定或移动的防护装置来预防电机轴、齿轮、传动带或链等部件造成的危险。移动的防护装置与危险运动应互锁,使危险运动在危害发生前停止。互锁系统的安全性能应符合5.4的要求。

注:[5.1注1中A、B、C]。

5.2.2 动力损失或变化

动力的损失或变化不应造成危险。

重新启动电源,不应导致任何运动。

末端执行器的设计和制造应使电气、液压、气动或真空动力的损失或变化都不造成危险。否则应提供其他安全防护方法以防危险的发生。

工具变更系统的设计和安装应使工具只能在指定地点释放,且工具释放不应造成危险。

注1:见GB 5226.1—2008对电源的要求。

注2:[5.1注1中B、E]。

5.2.3 部件故障

机器人部件的设计、制造、保护或装箱应确保因损坏或松动或释放储能造成的危险最小。

注:[5.1注1中A、B、D]。

5.2.4 能源

应提供隔绝任何电能、机械能、液压能、气动能、化学能、热能、势能、动能或其他危险能源的方法。这种方法应有锁定能力或在断开能源的地方有保护能力。

注：[5.1 注 1 中 A、B、C、E]。

5.2.5 储能

应提供使储存的危险能量受控地释放的措施。应贴上标签以标识储能的危险。

注 1：储能器可以是气压和液压蓄压器、电容器、电池、弹簧、平衡飞轮等。

注 2：[5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.2.6 电磁兼容性(EMC)

机器人的设计和制造应符合 GB/T 17799 的要求，以防止因电磁干扰(EMI)、射频干扰(RFI)和静电放电(ESD)的影响而出现危险运动或情况。

注 1：见 GB/T 17799.2—2003 和 GB 17799.4—2001。

注 2：[5.1 注 1 中 A、B、C、E]。

5.2.7 电气设备

机器人电气设备的设计和制造应符合 GB 5226.1—2008 的相关要求。

注：[5.1 注 1 中 A、B、E]。

5.3 致动控制

5.3.1 通则

启动电源或运动的致动控制装置的设计和制造应满足 5.3.2 至 5.3.5 提到的性能准则。

5.3.2 意外操作防护

应制造及安装防止意外操作的致动控制装置。

示例：在适当的位置应该设置一个防护按钮或按键选择开关。

注：[5.1 注 1 中 A、B]。

5.3.3 状态指示

致动控制装置的状态(例如，开机、故障检测、自动操作)应给予指示。

注：[5.1 注 1 中 A、B、D]。

5.3.4 标签

致动控制装置应贴上标签，以清楚地表明其功能。

注：[5.1 注 1 中 A]。

5.3.5 单点控制

机器人控制系统的设计和制造应使在本机示教盒或其他示教装置控制下的机器人不能被任何别的控制源启动其运动或改变本机控制方式。

注：[5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.4 与安全相关的控制系统性能(软件/硬件)

5.4.1 通则

与安全相关的控制系统(电气、液压、气动和软件)至少应满足 5.4.2 所列的性能准则,除非风险评估的结果确定一种替代的性能准则(见 5.4.3)是适当的。在与设备一起提供的资料中,应清楚地说明该设备部件所满足的与安全有关的控制系统性能。

为了本部分的目的,对与安全相关的控制系统性能按 GB/T 16855.1—2008 中所述的类别进行了说明。提供可供选择的性能要求(如控制可靠性、性能等级及安全完善性等级)的其他标准也可使用。用这些标准来设计与安全相关的控制系统时,应小心保证获得同等的减少风险水平。

5.4.2 性能要求

当需要与安全相关的控制系统时,与安全相关的部件应设计成:

- a) 任何部件的单个故障不应导致安全功能的丧失;
- b) 只要合理可行,单个故障应在提出下一项安全功能需求之时或之前被检测出来;
- c) 出现单个故障时,始终具有安全功能,且安全状态应维持到出现的故障已得到解决;
- d) 所有可合理预见的故障应被检测到。

这个要求属于 GB/T 16855.1—2008 中所描述的类别 3。

注 1: 这个单个故障检测的要求并不意味着所有故障都被发现。因此,未检测到的故障的积累可能导致机器的意外输出和危险情况。故障检测的可行措施的实例是:检查继电器触点的连接运动或监测多余的电气输出。应做出合适的故障模式分析,以确认所有可合理预见的故障都得到考虑。

注 2: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.4.3 其他控制系统性能准则

机器人及其预期应用进行综合风险评估的结果,可能确定对该应用需要的与安全有关的控制系统的性能要求,该性能要求不是针对类别 3 的,而是针对类别 2 或类别 4 的。其他性能准则在 GB/T 16855.1—2008 中说明。

应特别判明在其他这些与安全相关的性能准则中选择了哪一个,与受影响设备一起提供的使用资料中应包含适当的限制和警告信息。

注: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.5 机器人停止功能

5.5.1 通则

每台机器人都应有保护性停止功能和独立的急停功能。这些功能应具有与外部保护装置连接的措施。根据附录 D,可以可选地提供急停输出信号。表 1 对急停和保护性停止功能做了对比。

表 1 急停和保护性停止的对比

	急停	保护性停止
场合	操作者有快速的无障碍通道	由安全距离规则决定
启动	手动	自动或手动
安全系统性能	GB/T 16855.1—2008 中的类别 3,或由风险评估决定	GB/T 16855.1—2008 中的类别 3,或由风险评估决定

表 1 (续)

	急停	保护性停止
复位	只能手动	手动或自动
使用频率	不频繁:仅在紧急情况下使用	可变的:每个循环中使用或不频繁使用
作用	去除所有危险的能源	控制可被防护的危险
注:[5.1 注 1 中 B、D、E]。		

5.5.2 急停功能

每个能启动机器人运动或造成其他危险状况的控制站都应有手动的急停功能,该急停功能应:

- a) 符合本部分 5.4 和 GB 5226.1—2008 第 9.2.5.4.2 的要求;
- b) 优先于机器人的其他控制;
- c) 中止所有的危险;
- d) 切断机器人驱动器的驱动源;
- e) 消除可由机器人控制的任何其他危险;
- f) 保持有效直至复位;
- g) 只能手动复位,复位后不会重启,只允许再次启动。

根据 GB 5226.1—2008 中 9.2.2 的风险评估,应确定选择类别 0 或类别 1 的停止功能。

当提供急停输出信号时:

- 输出信号在撤除机器人动力后一直有效;
- 如果撤除机器人动力后输出信号不起作用,应产生一个急停信号。

紧急停止装置应符合 GB 5226.1—2008 中 10.7 和 ISO 13850 的要求。

注:[5.1 注 1 中 A、B、D、E]。

5.5.3 保护性停止

机器人应具有一个或多个的保护性停止电路(停止类别为 0 或 1,见 GB 5226.1—2008 的 9.2.2),可用来连接外部保护装置。

注:[5.1 注 1 中 B、D、E]。

此停止电路应通过停止的机器人所有运动、撤除机器人驱动器的动力、中止可由机器人系统控制的任何其他危险等方式来控制安全防护的风险。停止功能可由手动或控制逻辑启动。

保护性停止功能的性能应符合 5.4 的要求。

注:[5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.6 降速控制

在降速控制方式下操作时,末端执行器的安装法兰和工具中心点(TCP)的速度不应超过 250 mm/s。应有可能选择低于 250 mm/s 的速度。

降速控制功能应设计和构建成为任何单个可合理预见的故障出现时,安装法兰和工具中心的速度不超过降速功能的限定速度。

应具有偏置功能,使得可调整 TCP 速度。

注:[5.1 注 1 中 B、C]。

5.7 操作方式

5.7.1 选择

应采用安全的方法选择操作方式,该方法只使选定的操作方式起作用。例如,用一个按键操作开关或具有同等安全性的其他方法(即监督控制)。

这些方法应:

- a) 明确表明所选定的操作方式;
- b) 本身不会启动机器人运动或造成其他危险。

可提供一个可选的输出来指示已选定的方式。如果为了安全目的而提供该输出,该输出应符合5.4的要求(见附录D)。

注1: 方式标记的方法参见附录E。

注2: [5.1注1中B、D、E]。

5.7.2 自动方式

在自动方式下,机器人应执行任务程序。机器人控制器不应处于手动方式下,且安全措施应起作用。

如果检测到任何停机条件,自动操作方式应被阻止。

从此种方式切换到其他方式时应停机。

注: [5.1注1中A、D、E]。

5.7.3 手动降速方式

手动降速方式应满足5.3.4和5.6的要求,并允许对机器人进行人工干预。在此方式下自动操作是被禁止的。此方式用于机器人的慢速运行、示教、编程以及程序验证,也可被选择用于机器人的某些维护任务。

使用信息应包括适当的说明和警告。在任何可能的场合,只要所有人员在安全空间之外,就应采用手动操作方式。在选择自动方式前,所有暂停的安全防护应恢复其全部功能。

注1: 以前,这种方式也被称为T1方式或示教方式。

注2: [5.1注1中B、C、D、E]。

5.7.4 手动高速方式

如果提供这种方式,机器人速度可高于250 mm/s。在这种情况下,机器人应:

- a) 有选择手动高速方式的方法,此方法需要一种审慎的操作(例如,机器人控制面板上的一个按键开关)和额外的确认动作;
- b) 除非选择手动高速方式,否则缺省的速度 ≤ 250 mm/s;
- c) 提供一个符合5.8要求的示教盒,它是用一个附加的握柄摇杆来运行该方式独有的、可使机器人持续运动的装置;
- d) 示教盒上还可提供在缺省值和最大编程值之间调整速度的手段;
- e) 示教盒上可显示所调整的速度(例如,利用示教盒的高亮显示)。

注1: 这种可选的手动方式以前曾被称作T2方式,或高速程序验证方式。

注2: [5.1注1中B、C、D、E]。

5.8 示教控制

5.8.1 通则

当示教盒或其他控制装置有能力在安全空间内控制机器人时,应符合 5.8.2~5.8.7 的要求。

注: 这个要求适用于在安全空间内控制机器人的任何装置,而驱动源则可加于机器人的任何轴。包括动力引导示教机器人,无论使用机器人内置的手动控制还是主/从示教控制。

5.8.2 运动控制

示教盒或示教控制装置应以 5.6 所述的降速控制方式驱动机器人运动。当示教盒含有选择高速方式的措施时,机器人系统应符合 5.7.4 中的要求。当释放示教盒上驱动机器人运动的所有按钮或其他装置时,这些按钮和装置应停止机器人的运动。

注: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.8.3 使能装置

根据 GB 5226.1—2008 中 10.9 的要求,示教盒或示教控制装置应具有三位置使能装置,即连续处于中位时,允许有机器人运动和可由机器人控制的任何其他危险。使能装置应表现出下列性能特点:

- a) 使能装置可与示教盒控制装置装在一起,也可与之分离(如抓握式使能装置),并应与任何其他运动控制功能或装置无关;
- b) 按照 5.4 的要求,释放或按过使能装置的中位,应使危险(如机器人的运动)中止;
- c) 当在单个使能装置上使用多个使能开关(即允许左、右手交替操作)时,则完全按下任何开关都将优先于其他开关的控制并导致保护性停止;
- d) 当操作一个以上的使能装置时(即多名携带使能装置的操作人员在安全空间内),只有每个装置同时处于中位时,机器人才能运动;
- e) 使能装置的掉落不应导致让机器人运动被使能的故障;
- f) 如果提供使能输出信号,则当安全系统供电中断时,该输出应表示出处于停止状态,并应符合 5.4 的要求。

注 1: 使能装置的设计和安装应考虑持续启用时的人体工程学问题。

注 2: 关于使能的其他信息参见附录 C。

注 3: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.8.4 示教盒急停功能

根据 5.5.2 的要求,示教盒或示教控制装置应具有停止功能。体现该功能的装置应为 ISO 13850 里所描述的急停装置。

注: [5.1 注 1 中 A、E]。

5.8.5 启动自动操作

只使用示教盒或示教控制装置不能激活机器人自动操作方式。在启动自动方式前,应在安全空间外有一个单独的确认操作。

注: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.8.6 无缆示教控制

如果示教盒或其他示教控制装置没有连接到机器人控制器的电缆,应适用以下要求:

- a) 应有示教盒处于开启状态的可视标志,例如,在示教盒的显示屏上。

- b) 当机器人处于手动降速方式或手动高速方式时,通讯中断应导致所有机器人的保护性停止。没有单独的审慎操作,通信的恢复不应使机器人运动重启。
- c) 数据通信(包括纠错)和通讯的中断的最长响应时间应注明在机器人的使用资料中。
- d) 必须注意提供合适的存储、设计和使用信息来避免急停装置在激活和非激活状态的混淆。

注:[5.1 注 1 中 A、C、D、E]。

5.8.7 多机器人控制

如果一个示教盒可以控制多台机器人,应适用 5.9 的要求。

注:[5.1 注 1 中 A、B、E]。

5.9 同时运动控制

5.9.1 单示教盒控制

单个示教盒可以连接到一台或多台机器人的控制器。当采用这种配置时,示教盒应该具有使一台或多台机器人独立运动或使多台机器人同时运动的能力。当在手动方式下操作时,机器人系统所有的功能都应在一个示教盒的控制下。

注:[5.1 注 1 中 A、B、E]。

5.9.2 安全设计要求

每台机器人在被激活前应被单独地选择。为了选择机器人,所有的机器人都应处于相同的操作方式(例如手动降速方式)。被选中机器人在选择操作处(例如,示教盒、控制器机箱或机器人上)应有指示。

只有选中的机器人才应处于激活状态。激活的机器人应有在安全空间内清晰可见的指示。

必须避免非激活状态的任何机器人的意外启动。这种功能应符合 5.4 的要求。

机器人系统不应该响应会导致危险状态的任何远程命令或条件。

注:[5.1 注 1 中 A、B、D、E]。

5.10 协同操作要求

5.10.1 通则

为协同操作而设计的机器人在机器人处于协同操作状态时,应有可视的指示并符合 5.10.2~5.10.6 的一个或多个要求。

5.10.2 停止

协同工作空间中有人时,机器人应停止。停止功能应符合 5.4 和 5.5.3 的要求。人离开协同工作空间后,机器人可以恢复自动操作。

注:[5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.10.3 手动引导

如果机器人具有手动引导功能,手动引导装置应在末端执行器附近,并装有:

- a) 符合 5.5.2 和 5.8.4 要求的急停按钮;
- b) 符合 5.8.3 要求的使能装置。

机器人应在风险评估确定的降速速度下操作,但不超过 250 mm/s。该降速速度应符合 5.4 的要求。

如果超过了该降速速度,应引致保护性停止。

注: [5.1 注 1 中 A、C、D、E]。

5.10.4 速度、位置监控

机器人和操作员之间应保持距离。该距离应符合 ISO 13855 的要求。保持该距离失败时,机器人应保护性停止。此功能应符合 5.4 和 5.5.3 的要求。

机器人应在不超过 250 mm/s 的降速速度下操作,而其位置应被监控。

降速速度和位置的监控功能应符合 5.4 的要求。

注 1: 计算安全距离时,应考虑操作员和机器人的相对速度。

注 2: [5.1 注 1 中 A、B、C、D、E]。

5.10.5 设计对动力及作用力的限制

机器人应设计成保证法兰或 TCP 处的最大动态功率为 80 W 或最大静态力为 150 N(由风险评估确定)。

注 1: 有另外的危险(例如,狭窄点、剪切危险)时,可能会限制应用这一特性。

注 2: [5.1 注 1 中 B、C、E]。

5.10.6 控制系统对动力及作用力的限制

当用控制功能来确保不超过 5.10.4 中规定的动力及作用力的最大值时,该功能应符合 5.4 的要求。

如果超过最大值,应引致保护性停止。

注: [5.1 注 1 中 B、C、E]。

5.11 奇异性保护

在手动降速方式下,机器人的控制应:

- a) 由示教盒激活协调运动时,在机器人通过或纠正奇异点前停止机器人运动并警告示教者;
- b) 产生可听或可视的警告信号,并持续到以最大速度 250 mm/s 限制的各轴速度通过奇异点。

注: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.12 单轴限位

5.12.1 通则

应提供用限位装置在机器人周围建立限定空间的措施。应提供安装可调机械挡块的措施,以便限制机器人主轴(具有最大位移的轴)的运动。制造商应遵循 5.12.2 或 5.12.3 的要求,或两者兼备。

5.12.2 轴的机械及机电限位装置

应为轴 2 和轴 3(即具有第二和第三大位移的轴)配备可调机械和非机械限位装置。

机械挡块应能在额定负载、最大速度和最大或最小臂伸的条件下停止机器人的运动。机械硬挡块的试验应在没有任何辅助止动措施的条件下进行。

如果设计、制造和安装了具有与机械挡块同等安全性能的另类限制运动范围的方法,也可采用这些方法。

机电限位装置的控制电路性能应符合 5.4 的要求。机器人控制和任务程序不应改变机电限位装置的设置。

注 1: 非机械限位装置的例子包括电气、气动和液压定位的挡块、限位开关、光幕、激光扫描装置、用于限制机器人的运动和确定限定空间的拉索等。

注 2: 可调装置可让用户把限定空间调整到最小。调节程度应包含在 6.2 所列的使用资料中。

注 3: 机械挡块包括调整后用紧固件固定的机械挡块。

注 4: [5.1 注 1 中 B、C、D]。

5.12.3 轴及空间的安全软限位

软限位是在自动方式或速度高于降速速度的任何方式下由软件确定的机器人运动极限。轴的限位用于确定机器人的限定空间。空间限位用于确定作为专有区域的任何几何形状,或把机器人的运动限制在确定的空间内,或防止机器人进入确定的空间。

安全软限位可以作为一种确定和减小所提供的限定空间的手段。在满载和全速状态下可使机器人停止。应计及停止运动的实际期望停止位置处确定限定距离。制造商在使用资料中应说明这种能力并应在不需要这个能力时撤消安全软限位。

使用软限位的控制系统应符合 5.4 的要求,且用户不能改变它。如果超出了安全软限位,应激活保护性停止。

使用资料中应有机器人在软限位确定的最高速度下于最坏情况下的停止时间(包括监控时间)及完全停止前所移动距离。其余的信息见附录 B。

用于动态限定空间用途的安全区输出应符合 5.4 的要求。该输出的硬件配置应该在使用资料中说明。

安全软限位应设置为一个系统没上电时不能改变的稳定区域,且不应动态地变更。改变安全软限位的权力应受密码保护并是安全的。一旦设置,安全软限位应在系统上电后一直处于激活状态。

注 1: 轴的软限位在控制未安装符合 5.12.2 所描述的限位装置的附加轴运动时可能特别有用。

注 2: 空间软限位对控制不规则形状工作区域内的运动或防止障碍造成的狭窄点可能特别有用。

注 3: [5.1 注 1 中 B、C、D、E]。

5.12.4 动态限位装置

动态限位是在机器人系统周期内机器人限定空间中的自动受控变更。控制装置包括(但不限于)由凸轮管理的限位开关、光幕、或在机器人执行其任务程序时在限定空间内可进一步限制机器人运动的由控制激活的可缩回的硬挡块。为此,该装置及相关的控制装置应能在额定负载速度下停止机器人运动,相关的安全控制装置应符合 GB/T 16855.1—2008 类别 3 的要求,除非经过风险评估确定要求另一类别。

注: [5.1 注 1 中 B、C、D]。

5.13 无驱动源运动

设计机器人时应使各轴能在紧急或异常情况下无需驱动源就能运动。只要可行,一个人就能移动各轴。控制装置应易于接近,但应防止意外的操作。在使用资料中应有对这种操作的说明,也应有培训人员应对紧急或异常情况的建议。

用户说明书应包括对重力和释放制动装置可导致额外危险的警告。只要可行,警告标识应贴在激活控制装置附近。

注: [5.1 注 1 中 B、D、E]。

5.14 起重措施

应提供吊起机器人及其相关部件的措施,且应足以处理预期负荷。例如,起重钩、吊环螺栓、螺纹孔、叉形套袋。

注: [5.1 注 1 中 A、B、D]。

5.15 电连接器

电连接器如果断开或分离可能导致危险。它们的设计和制造应避免意外分离。

电连接器应有避免交互连接的手段。

注：[5.1 注 1 中 A、B]。

6 使用资料

6.1 通则

根据 GB/T 15706.1—2007, GB/T 15706.2—2007 和 GB 5226.1—2008 的规定, 制造商应提供标志(如标记、符号)和使用说明材料(如操作、维护手册)。

提供这些材料时, 机器警告装置(如声音和可视信号)应符合 GB/T 15706.2—2007 和 GB 5226.1—2008 的规定。

6.2 使用手册

除了 6.1 的要求外, 每台机器人或机器人系统应附有说明书或包含以下内容的合适材料:

- a) 制造商或供应商的名称、地址及必要的联系信息;
- b) 调试、编程和重新启动步骤的说明, 包括通用需求、地板承载能力、环境条件等安装要求;
- c) 在第一次使用机器人及投入生产前对机器人及其防护系统进行初步测试和检查的说明, 包括降速控制的功能测试的说明;
- d) 在变更机器人部件或增加可选设备(包括硬件和软件)后所需的任何测试和检查的说明, 这些变更可能影响安全功能[如 5.5.2 中提到的急停输出信号和在 5.8.3d)中的公共使能电路];
- e) 安全操作、设置和维护的说明, 包括安全工作方法、危险能源管理步骤和为使操作设备的人员达到必要技术水平所需的培训;
- f) 关于所有控制系统定位和功能的说明, 包括设置和安装所必需的电气、液压及气动系统的接口图纸;
注: 不包括机器人或其他控制器、部件或专有特征的示意图。
- g) 关于用示教盒选择高速控制方式能力的信息;
- h) 关于限位装置的安装信息, 包括数量、位置和机械限位能力的调整程度; 关于任何非机械式限位装置的数量、位置、使用及动态限位能力(如果有的话)的说明; 当使用安全软限位时计及停止距离的实际期望停止位置;
- i) 关于使能装置数量和操作的信息, 以及安装附加装置的说明;
- j) 关于机器人最大位移的三个轴在停止信号发出后的停止时间和距离(或角度)的信息, 其度量见附录 B;
- k) 在 5.4 中规定的机器人安全控制系统的性能;
- l) 用于机器人润滑、制动的任何液体或润滑剂或机器人内部变速器的规格, 包括关于正确选择、制备、应用和维护特殊耗材的指南;
- m) 关于解救被机器所困人员的方法的指南;
- n) 关于确定运动范围和负载能力的极限的信息, 包括最大质量、工件和工件夹具重心的位置;
- o) 关于确定最大质量、转动惯量、倾斜力矩以及辅助装置和自动刀库所需的空间的信息;
- p) 机器维护时避免装配错误的步骤;
- q) 关于机器人遵循的有关标准(包括由第三方认证的标准)的信息;

r) 对于无缆示教盒,检测到通信中断的响应时间。

对制造商提供的使用资料的任何修改或补充应由对机器人系统做出变更或增补的一方提供。

6.3 标志

每台机器人应以特定、易读和耐久的方式标记,且应有:

- a) 制造商的名称和地址,机器的型号和序号,制造的年份和月份;
- b) 机器的质量;
- c) 电源数据,如使用液压、气动系统,还应有相应的数据(如最小和最大的气压);
- d) 可供运输和安装使用的起重点;
- e) 尺寸范围和负载能力。

防护、保护装置及其他没有装配的机器人零件要清楚地标明其作用,应提供任何安装所需的信息。

附 录 A
(规范性附录)
主要危险列表

表 A.1 主要危险表¹⁾

序号	描述	相关危险状况示例	相关危险区域	涉及条款
1	机械危险			
1.1	压碎	机器人手臂或附加轴的任一部件的运动(正常或奇异)	限定空间	5.11;5.12
1.2	剪切	附加轴的运动	配套设备的周围	5.3
1.3	切割或切断	产生剪切动作的移动或旋转	限定空间	5.3
1.4	缠结	腕部或附加轴的旋转	限定空间	5.8.2
1.5	拉入或陷进	机器人手臂和任何固定物体之间	限定空间近处的固定物体周围	5.12
1.6	冲撞	机器人手臂的任一部件的运动(正常或奇异)	限定空间	5.11;5.12
2	电气危险			
2.1	人与带电部件的接触(直接接触)	与带电部件或连接件的接触	电气控制柜,终端箱,机器上的控制面板	5.2
8	设计过程中由于忽视人体工程学原理而导致的危险			
8.1	不健康的姿势或过度用力(反复用力)	不良设计的示教盒	示教盒	5.8
8.2	对手臂或腿脚在解剖学上的考虑不足	控制装置的不合适位置	在装/卸工件和安装或设置工具处	5.3
8.7	手动控制装置的设计、位置及标识不当	控制装置的无意操作	位于或接近机器人单元处	5.3
8.8	视觉显示单元的设计或位置不当	对显示信息的误解	位于或接近机器人单元处	5.3;5.8
10	意外启动,意外超限运动/超速			
10.1	能源的故障/紊乱	对机器人附加轴的机械危害	位于或接近机器人单元处	5.2.2
10.2	能源中断后的恢复	机器人或附加轴的意外运动	位于或接近机器人单元处	5.2.2
10.3	对电气设备的外部影响	因电磁干扰,电控装置的不可预见行为	位于或接近机器人单元处	5.2.6

1) 此表根据 ISO 14121:1999 附录 A 编制。

表 A.1 (续)

序号	描述	相关危险状况示例	相关危险区域	涉及条款
13	电源故障(外部电源)	因机器人手臂制动的释放引起的控制失效。制动的释放导致机器人部件在残余力(惯性力、重力、弹性/储能装置)的作用下意外运动	位于或接近机器人单元处,其中机器人部件是通过应用电能或液压维持安全状态的	5.2
14	控制电路故障(硬件或软件)	机器人或附加轴的意外运动	位于或接近机器人单元处	5.3.2
18	机器失稳或翻转	无约束的机器人或附加轴(它们靠重力保持其位置)跌落或翻倒	位于或接近机器人单元处	5.2.3;5.14

附录 B
(规范性附录)
停止时间/距离度量标准

这是在针对 6.2j) 所需提供的用户要求使用信息时用到的一个度量标准, 该信息确保从所有制造商处获得标准化的数据。在使用安全防护装置时, 计算安全距离需要该信息。为使该信息实际可用, 在运行的不同阶段(直至最大阶段)都要进行测量, 以预测实际运行状态。

这些试验应符合 ISO 9283:1998 第 6 章所述的性能试验条件, 包括以下几个方面:

- 操作机应在试验前预热;
- 机器人应按制造商的要求安装;
- 应满足动力、温度等环境要求;
- 应编写适当的试验程序;
- 应说明测量方法。

对每一个数据点, 在各试验点应进行多次测量, 并取平均值。

制造商应预测正常使用造成的停止性能退化, 并提出机器人修整时间的建议。

数据要求:

- 停止时间应测量从发出停止信号到操作机所有运动终止所历经的时间。

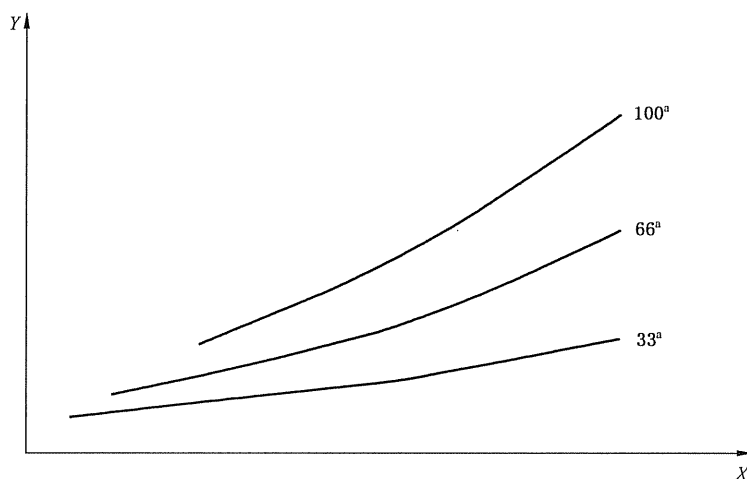
注: 此数据可能因控制系统特点和配置(如无缆示教盒)的附加延迟时间而不同。

停止距离应测量发出停止信号后总的运行距离。距离应以适当的直线或角度单位给出。

机器人的停止类别至少应为 GB 5226.1—2008 中的类别 0。如果机器人能使用停止类别 1, 则应提供额外的数据或校正系数。

速度、有效负载及运动范围(臂伸)应按最大值的 33%、66% 和 100% 测量。

应提供三个最大位移轴的数据, 图 B.1 为一个示例。



X——速度(mm/s);

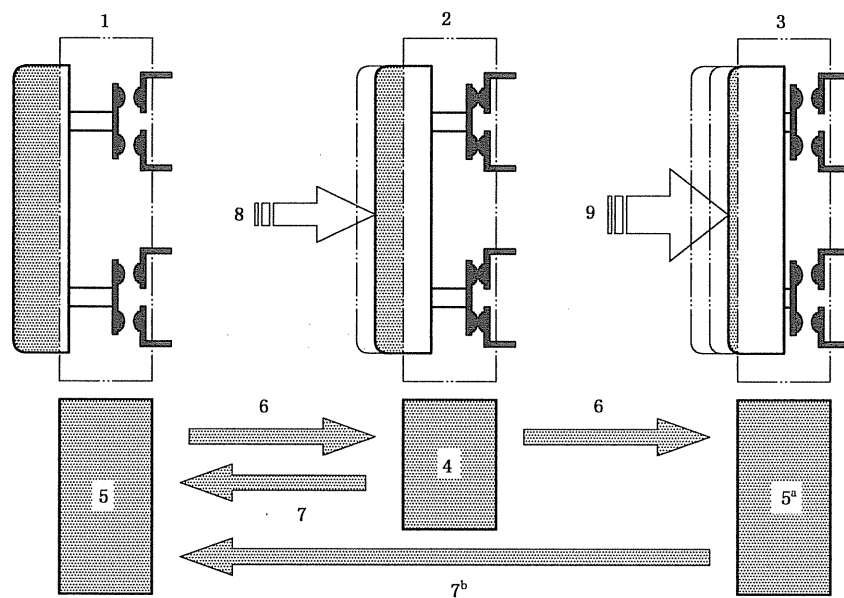
Y——停止时间(s)。

^a 有效负载%。

注: 轴 1 停止时间与速度和有效负载的关系, 停止类别 0。

图 B.1 停止时间示例图

附录 C
(资料性附录)
3 位置使能装置功能特性



说明：

- 1——位置 1；
- 2——位置 2；
- 3——位置 3；
- 4——开；
- 5——关；
- 6——按下；
- 7——松开；
- 8——轻握；
- 9——紧握。

^a 操作部件完全压到位置 3 时，触点再次打开。

^b 操作部件从位置 3 返回位置 1 时，触点必须保持打开，功能上不用通过位置 2。

图 C.1 3 位置使能装置功能特性图

附 录 D
(资料性附录)
可 选 特 性

D.1 通则

本部分的要求是确保机器人安全的最低要求。很多附加的特性能够提高机器人的安全性,但在传统意义上并不是必需要求的安全条款,也不要求在 GB/T 16855.1—2008 或其他这类文件中有专门的安全性能准则。

下列可选特性在重要性和必须性上并没有特别的次序。具备这些特性的机器人在使用和重复使用时有更大的灵活性及更大的潜在安全性。

注 1: 如果机器人不断被用于并非原来为之设计和配置的应用领域,D.1、D.2、D.3、D.4 中的特性对于提供安装灵活性非常重要。

注 2: D.5、D.6、D.7 中的特性虽然不是“安全”特性,也起到提高机器人系统安全性的作用。

D.2 急停输出功能

- a) 如 5.5.1 所述,急停输出功能提供了一个公共的紧急停止(使机器人及系统急停);
- b) 急停装置在撤除动力后仍能够起作用(正如 5.5.2 所描述)。

D.3 使能装置特性

- a) 使能装置输出功能把使能装置连接到控制多台机器人及设备的公共电路。
- b) 能把多个附加的使能装置连接到一个使能电路。

D.4 方式选择

- a) 能向安全控制系统提供方式选择状态的信息。
- b) 方式选择的输出应符合 5.7.1 的要求。

D.5 避碰传感器

为了最有效地防止人员伤害,当传感器察觉到碰撞时,机器人应停止运动并且发出一个明确信号,并且若没有操作员的干预机器人不会运动到另一个位置。

D.6 保持所有速度下的路径准确度

这会减少从危险处监视机器人运动的观察需求。

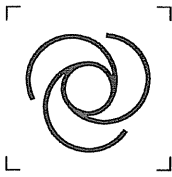
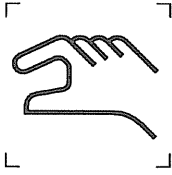
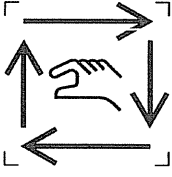
D.7 安全软限位

如 5.12.3 所述,这些限位将允许进行专有空间和包容空间的编程。

附录 E
(资料性附录)
操作方式标记的方法

表 E.1 提供了图形符号示例,可用来标识 5.7 所规定的操作方式。图形符号可包含附加的描述性文字,以便尽可能清楚地提供关于方式选择与期望性能的信息。

表 E.1 机器人操作方式标签

章节	方式	图形符号	ISO 7000 中的图形
5.7.2	自动		0017
5.7.3	手动降速		0096
5.7.4	手动高速		0026 和 0096 结合

参 考 文 献

- [1] GB/T 8196 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求 (GB/T 8196—2003, ISO 14120:2002, MOD)
 - [2] GB/T 12643 工业机器人 词汇 (GB/T 12643—1997, eqv ISO 8373:1994)
 - [3] GB/T 12644 工业机器人 特性表示 (GB/T 12644—2001, eqv ISO 9946:1999)
 - [4] GB/T 14468(所有部分) 工业机器人 机械接口 (ISO 9409, IDT)
 - [5] GB/T 18831—2002 机械安全 带防护装置的联锁装置 设计和选择原则 (ISO 14119:1998, MOD)
 - [6] GB/T 19436.2—2004 机械电气安全 电敏防护装置 第2部分:使用有源光电防护器件 (AOPDs)设备的特殊要求 (IEC 61496-2:1997, IDT)
 - [7] GB/T 19670—2005 机械安全 防止意外启动 (ISO 14118:2000, MOD)
 - [8] GB/T 19671—2005 机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则 (ISO 13851:2002, MOD)
 - [9] ISO/IEC Guide 51:1999, Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards
 - [10] ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment—Index and synopsis
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工业环境用机器人 安全要求
第 1 部分:机器人

GB 11291.1—2011/ISO 10218-1:2006

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

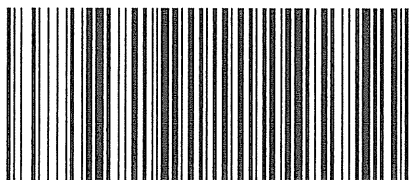
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 51 千字
2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-43183



GB 11291.1-2011

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533